

水田利用形態の差異による雑草植生の変化

—夏作期間中の雑草の土壤水分適応性と土壤中生存種子の分布—

中釜明紀・宮脇勝雄*・長野幸男・下敷領耕一

(1988年9月20日 受理)

On the Changes of Weeds-Vegetation due to the Difference of Utilization Form of Paddy Field

—Soil Water Adaptability and Viable Seeds-Distribution in the Soil
Ascertained of the Weeds during the Summer Cropping Period—

Akinori NAKAGAMA, Katsuo MIYAWAKI*, Sachio NAGANO
and Koichi SHIMOSHIKIRYO

緒 言

著者らは前報⁹⁾において、既往の報告^{10,11,13)}と比較して、南九州の水田の畑輪換栽培では雑草植生の乾生化は早く、早期に雑草害が発生する事を報告した。このことは、水田利用全般にわたって雑草の植生とその遷移の地域的な特徴を明らかにする必要があることを示唆するものであった。耕地雑草の発生は、土壤中の生存種子含有量と季節の影響を基本的に受けるが²⁾、水田利用の場合には土壤水分条件の影響も大きい¹³⁾。土壤中の含有種子の検出については多くの報告^{1,4,5,7)}があるが、水田利用に関わるもの⁴⁾は少ない。湛水状態と畑状態を繰り返す水田利用では、土壤水分適応性の異なる多様な生存種子が土壤中に含有されるものと推察される。これは、水田の利用条件の変更にともなう雑草植生の遷移に大きく影響するといえよう。耕地雑草の土壤水分適応性による分類については荒井ら³⁾の詳細な研究があるが、主要雑草は地域的に異なる⁸⁾ことから、地域的な雑草の土壤水分適応性の検定が必要である。本報では、南九州の水田利用における生態的雑草防除システムを確立するための基礎資料として、南九州の夏作期間中に水田で、数種の利用条件にともなう発生する雑草種の土壤水分適応性を明らかにして、その土壤中の生存種子分布の水田利用形態の違いによる変化について検討した。

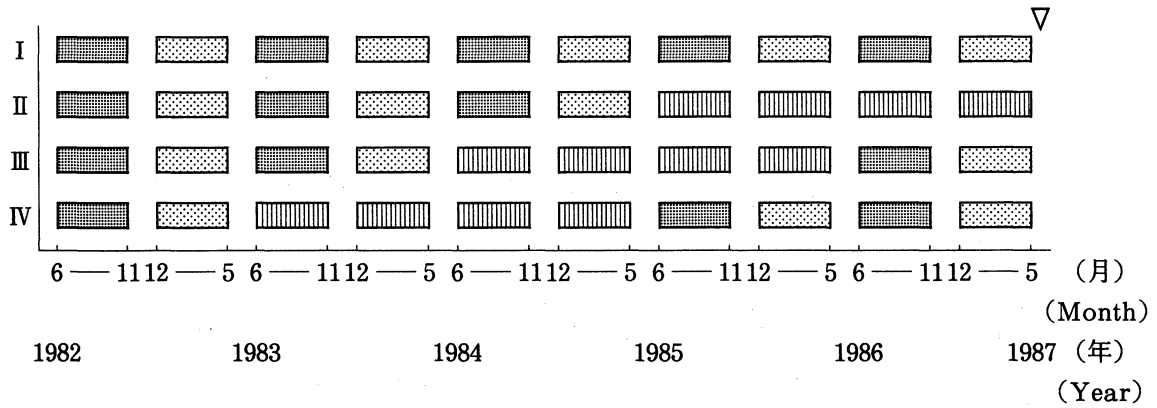
材料と方法

本実験は、1987年6月から7月にかけて農学部附属農場のそれぞれ利用形態の異なる4水田から採取した土壤を供試して、ビニールハウス内で3段階の土壤水分条件を設定して雑草発生試験を行ったものである。

供試した水田の使用前歴について最近6年間の利用形態を示すと第1図のとおりである。まず、I(連作水田)区は、水稻作と水田裏作を連作して来たものである。II(輪換畑)区は、連作水田





*作物学研究室

Laboratory of Crop Science



第1図 最近6年間の田畑輪換方式による供試水田の利用形態について

Fig. 1. Utilization forms in paddy-upland rotation system of the tested paddy field during the latest 6 years

- | | |
|--|---|
| I : 連作水田
Continuous paddy field | II : 輪換畑
Upland in paddy-upland rotation |
| III : 還元水田 I
Paddy field I in paddy-upland rotation | IV : 還元水田 II
Paddy field II in paddy-upland rotation |
-
- | | | | |
|--|--|--|---|
|  水稲作
Paddy farming |  水田裏作
Winter cropping on drained paddy field |  畑作
Upland farming |  供試土壌採取時期
Sampling time of the tested soils |
|--|--|--|---|

を畑へ輪換して2年経過した圃場である。Ⅲ（還元水田Ⅰ）区は、連作水田を2年間畑へ輪換したのち水田に還元して1年経過した圃場である。Ⅳ（還元水田Ⅱ）区は、還元水田Ⅰと同様に水田に還元したのち2年経過した圃場である。

土壌の採取は5月22日に行った。土壌は、各圃場とも対角線上の9カ所について、地表から深さ15cmまで採取してよく混合した。採取後の土壌は、室内で十分に風乾し、手で碎土して、礫および粗大な有機物を除去した。

雑草発生試験における土壌水分条件は、各供試土壌の圃場容水量をあらかじめ測定して、湛水条件、飽水条件（圃場容水量の80～90%）および畑水分条件（同40～60%）とした。なお、湛水条件における湛水深は5cmとした。

雑草発生試験は6月10日に開始した。まず、 $0.2m^2$ ($0.36 \times 0.56m$) の不透水性の容器に、焼却処理により雑草種子を除去した土壌を2/3の深さまで充填して、その上に各供試土壌3.6lずつを敷きならした。対象とする雑草の土壌中生存種子を全て発芽・発生させるために、供試土壌は鎮圧して0.5cm以下の厚さとした。その後、各容器ごとに灌水して、それぞれの所定土壌水分条件に設定した。なお、試験区は、供試土壌4区と土壌水分条件3水準の組み合わせを2回反復した計24区であった。実験期間中に所定の土壌水分条件を維持するために、毎日容器の重量を測定して、減少分を蒸発散量として灌水により補った。各区とも7月10日に発芽・発生した雑草の種を同定して、

その発生本数を調査した。

発生雑草の土壤水分に対する適応性の検定では、4供試土壤の発生本数を各土壤水分区ごとに合計して、湛水区、飽水区および畑水分区のいずれかで発生本数の多かった雑草をそれぞれ水生雑草、湿生雑草および乾生雑草として分類した。ただし、全供試土壤の合計で発生本数が10本以下の草種は、適応性の検定から除外した。

土壤中生存種子数の推定には、発芽数により推定する方法^{4,5)}を採用した。ただし、雑草の発芽期の変異幅は広く、発芽直後および幼植物の種の同定は困難なため、置床1カ月後の発生雑草について種の同定をし、その発生本数を発芽数とした。各供試土壤の発生雑草についてそれぞれの好適水分条件、すなわち、水生雑草では湛水区、湿生雑草では飽水区および乾生雑草では畑水分区での発生本数をそれぞれの雑草の供試土壤3.6ℓ当たりの土壤中生存種子数として推定した。上記の土壤水分に対する適応性の検定から除外された草種については、それぞれの最も発生本数の多かった土壤水分区の発生本数を合計して、その他として取り扱った。

実験結果および考察

1) 雑草の土壤水分に対する適応性による分類

第1表に、発生した草種毎の各土壤水分条件における発生率を、全供試土壤の発生本数の合計に

第1表 各土壤水分条件における雑草の発生率(%)

Table 1. The emerging ratios of weed in the respective soil water conditions (%)

雑草名 Name of weed	土壤水分条件 Soil water condition		
	湛水 ⁽¹⁾ Flooding	飽水 ⁽²⁾ Water saturated soil	畑水分 ⁽³⁾ Dry land
コナギ <i>Monochoria vaginalis</i> Presl	100.0	0.0	0.0
キカシグサ <i>Rotala indica</i> Koehne	100.0	0.0	0.0
チョウジタデ <i>Ludwigia prostrata</i> Roxb.	100.0	0.0	0.0
アゼナ <i>Lindernia procumbens</i> Philcox	39.7	60.3	0.0
カヤツリグサ <i>Cyperus</i> sp.	23.1	45.5	30.4
タカサブロウ <i>Eclipta prostrata</i> L.	6.0	60.2	33.8
ヒデリコ <i>Fimbristylis miliacea</i> Vahl	17.5	50.6	31.9
イヌガラシ <i>Rorippa indica</i> Hieron	0.0	70.2	29.8
タネツケバナ <i>Cardamine flexuosa</i> With.	0.0	86.6	13.4
オヒシバ <i>Eleusine indica</i> Gaertn.	0.0	33.5	66.5
メヒシバ <i>Digitaria adscendens</i> Henr.	0.0	43.6	56.4

(1) 5cmに湛水
Flooding 5 cm in depth.

(2) 圃場容水量の80~90%
80~90% of field capacity.

(3) 圃場容水量の40~60%
40~60% of field capacity.

対する百分率で示した。コナギ、キカシグサおよびチョウジタデは、湛水区にのみ発生し、飽水区と畑水分区での発生は認められなかった。飽水区で発生のもっとも多かった草種は、アゼナ、カヤツリグサ、タカサブロウ、ヒデリコ、イヌガラシ、タネツケバナであった。しかし、他の土壤水分区における発生の様相は、草種により異なった。すなわち、カヤツリグサ、タカサブロウ、ヒデリコは湛水区および畑水分区でも発生したのに対して、アゼナは畑水分区で、また、イヌガラシとタネツケバナは湛水区での発生がそれぞれ認められなかった。畑水分区での発生がもっとも多かった草種は、オヒシバとメヒシバであったが、いずれも飽水区での発生も多く、湛水区では発生しなかった。

荒井ら³⁾は、湛水条件、飽水条件および畑水分条件のいずれかで最も発生の多い草種をそれぞれ水生雑草、湿生雑草および乾生雑草として分類した。そこでこの分類を基礎にして、さらに、それぞれの分類のなかで土壤水分の多い条件に適応する順に草種を整理すると次のようになる。

水生雑草　コナギ＝キカシグサ＝チョウジタデ

湿生雑草　アゼナ＞カヤツリグサ＝ヒデリコ≧タカサブロウ＞タネツケバナ≧イヌガラシ

乾生雑草　メヒシバ≧オヒシバ

以上のうち、チョウジタデ、タカサブロウ、イヌガラシ、オヒシバは、荒井ら³⁾の分類には記載のなかった草種である。また、アゼナは飽水条件よりも湛水条件での発生が多い水生雑草に分類され、本実験の結果と異なっている。他の草種の分類は、本実験の結果とほぼ一致したが、水生雑草のキカシグサと湿生雑草のタネツケバナ、イヌガラシでは、それぞれ湛水条件および飽水条件以外の土壤水分区における発生様相が異なった。これらの両実験結果の相違は、両者の環境条件の違いを反映したものとも考えられるが、一方で、土壤水分条件をさらに多段階にして、各草種の土壤水分に対する適応範囲を明確にする必要性を示唆するものといえよう。

2) 利用形態の異なる水田における雑草の土壌中生存種子分布の比較

本実験は、利用形態が異なる水田土壌がそれぞれ含有する生存種子のうち、夏作初期に、異なる土壤水分条件に適応して発生する雑草種子を検出して、その含有量と分布を明らかにしようとしたものである。土中種子の検出には、種子の発芽による方法^{4,5)}と、比重選により土と種子を分離して同定する方法^{1,7)}がある。発芽力のある土中生存種子を検出するには、種子の発芽による方法を採用するほうが妥当である⁴⁾。しかし、全ての含有種子を検出しようとする場合、休眠、発芽などの特性に種間差があるため全ての種の種子発芽に好適な発芽方法を取りえない難点がある。しかし、上記のように、限定された季節性と発芽条件に適応する種の検出をしようとする本実験の場合、この事は問題にならないものと考えられる。ただし、本実験では採取土壌から有機物は除去した。したがって、土壌中生存種子の検出は、栄養繁殖を主体とする多年生雑草を除いて、種子繁殖を主体とする1年生雑草を中心に行われたことになる。

第2表に利用形態の異なる水田から採取した供試土壌の3.6ℓあたりに含有される各草種の発生本数から推定された土壌中生存種子数とその構成比を示した。連作水田の雑草の土壌中生存種子含有量は、供試圃場中で最も少なかった。その土壤水分適応性による分類別の構成を見ると、湿生雑草が77.2%と最も多かった。一方、乾生雑草の分布は全く認められず、水生雑草ではコナギ、チョウジタデの2種が5.4%の構成比を占めた。湿生雑草の中では水生雑草に近いアゼナの構成比が高い。しかし、一方で、乾生雑草に近い適応性を示したタネツケバナ、イヌガラシの分布も多かった。

第1図で明らかのように、輪換畑、還元水田Ⅰおよび還元水田Ⅱは、連作水田を起点にしてそれぞれに輪換された圃場である。そこで、これらの圃場の生存種子含有量について連作水田と比較す

第2表 各雑草の好適水分条件における発生本数⁽¹⁾から推定した土壌中生存種子の分布（供試土壌⁽²⁾3.6ℓ当たり）

Table 2. Distribution of viable seeds estimated from emerged number in suitable soil water condition in the respective weeds (per 3.6 ℓ of tested soil)

雑草名 Name of weed	連作水田 Continuous paddy field	田畑輪換方式 ⁽³⁾ Paddy-upland rotation system		
		輪換畑 Upland field	還元水田Ⅰ Paddy field Ⅰ	還元水田Ⅱ Paddy field Ⅱ
水生雑草 ⁽⁴⁾ Hydrophytic weed	(%)	(%)	(%)	(%)
コナギ <i>Monochoria vaginalis</i> Presl	8.5 (4.0)	2.5 (0.3)	6.0 (0.7)	4.5 (1.8)
キカシグサ <i>Rotala indica</i> Koehne	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	10.5 (1.2)	39.5 (15.4)
チョウジタデ <i>Ludwigia prostrata</i> Roxb.	3.0 (1.4)	6.5 (0.8)	11.5 (1.3)	0.0 (0.0)
小計 Sub total	11.5 (5.4)	9.0 (1.1)	28.0 (3.2)	44.0 (17.2)
湿生雑草 ⁽⁵⁾ Hydrophytic weed				
アゼナ <i>Lindernia procumbens</i> Philcox	69.5 (32.4)	36.5 (4.6)	152.5 (17.3)	36.5 (14.2)
カヤツリグサ <i>Cyperus</i> sp.	17.5 (8.2)	379.0 (48.2)	296.5 (33.6)	74.5 (29.0)
タカサブロウ <i>Eclipta prostrata</i> L.	0.0 (0.0)	149.0 (19.0)	14.0 (1.6)	7.0 (2.7)
ヒデリコ <i>Fimbristylis miliacea</i> Vahl	2.0 (0.9)	0.0 (0.0)	147.0 (16.7)	1.5 (0.6)
イヌガラシ <i>Rorippa indica</i> Hieron	12.0 (5.6)	56.5 (7.2)	21.5 (2.4)	24.5 (9.5)
タネツケバナ <i>Cardamine flexuosa</i> With.	64.5 (30.1)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	26.5 (10.3)
小計 Sub total	165.5 (77.2)	621.0 (79.1)	631.5 (71.6)	170.5 (66.3)
乾生雑草 ⁽⁶⁾ Xerophytic weed				
オヒシバ <i>Eleusine indica</i> Gaertn.	0.0 (0.0)	30.5 (3.9)	132.0 (14.9)	11.0 (4.3)
メヒシバ <i>Digitaria adscendens</i> Henr.	0.0 (0.0)	107.0 (13.6)	27.0 (3.1)	7.0 (2.7)
小計 Sub total	0.0 (0.0)	137.5 (17.5)	159.0 (18.0)	18.0 (7.0)
その他 ⁽⁷⁾ The others	37.5 (17.5)	18.0 (2.3)	63.5 (7.2)	24.5 (9.5)
合計 Total	214.5 (100.0)	785.5 (100.0)	882.0 (100.0)	257.0 (100.0)

- (1) 実験は、1987年6月10日に開始して、発生本数の調査は7月10日に行った。
The experiment was started on June 10, 1987 and investigation of the number of the emerged weeds was carried out on July 10.
- (2) 土壌の採取は、1987年5月22日に行った。
Sampling of the tested soil was practiced on May 22, 1987.
- (3) 第1図を参照
For explanation, refer to Fig. 1.
- (4) 湛水における発生本数。
Emerged number in flooding.
- (5) 圃場容水量の80~90%における発生本数。
Emerged number in 80~90% of the field capacity.
- (6) 圃場容水量の40~60%における発生本数。
Emerged number in 40~60% of the field capacity.
- (7) 全供試土壌の発生本数が10本以下であった雑草について、発生本数が最も多かった土壌水分区のそれを合計した。
Concerning some weeds whose emerged number was less than 10 in all the tested soils, emerged numbers of a plot of soil water condition showing the most in the respective weeds, were added together.

ると、それぞれ以下の特徴が認められた。連作水田を畑へ輪換して2年経過した輪換畑の生存種子含有量は多く、連作水田の3.7倍を示した。連作水田と同様に湿生雑草の構成比が79.1%と最も高かったが、アゼナに比べて乾生雑草に近く、土壤水分適応性の広いカヤツリグサの分布が多いのが特徴であった。また、連作水田では分布が全く認められなかった乾生雑草のメヒシバとオヒシバが17.5%の構成比を占めるのに対して、水生雑草ではコナギとチョウジタデが1.1%の構成比を占めるにとどまった。一方、2年間の畑輪換の後、水田に還元された還元水田について見ると、還元後1年経過した還元水田Ⅰの生存種子含有量は、輪換畑と同様に連作水田の4.1倍と多く、草種構成にも輪換畑に非常に類似した傾向が認められた。すなわち、湿生雑草の構成比が71.6%と最も高く、なかでもカヤツリグサの分布が多い。また、水生雑草ではコナギ、キカシグサ、チョウジタデが3.2%であったのに対して、乾生雑草ではオヒシバとメヒシバが18.0%の構成比を占めた。それに対して、還元後2年経過した還元水田Ⅱでは、生存種子含有量は、輪換畑、還元水田Ⅰに比べて非常に少なく、連作水田の1.2倍であった。他区と同様に、湿生雑草の構成比率が66.3%と最も高いが、カヤツリグサの比率は低下し、水生雑草に近い適応性を示すアゼナと乾生雑草に近いタネツケバナ、イヌガラシの構成比が高くなっている。一方、水生雑草では、コナギとキカシグサが17.2%を占め、むしろ連作水田より高い構成比が認められた。しかし、輪換畑、還元水田Ⅰに比べると非常に少ないが、乾生雑草の生存種子も認められ、オヒシバとメヒシバが7.0%の構成比を示した。

このように、輪換畑と還元水田Ⅰでは、還元水田Ⅰが畑輪換後に夏季湛水を1年経過したにもかかわらず、量的にも質的にも非常に類似の土壤中生存種子相を示した。還元水田Ⅱの土壤中生存種子は、量的には連作水田の含有量に近く、質的には輪換畑と連作水田の中間的構成を示すものといえよう。

いずれの水田土壌でも湿生雑草の土壤中生存種子の分布が最も多く、なかでもカヤツリグサが一定の構成比を占めた。これは、同種が発芽・発生について広い土壤水分適応性を持つことによるものである。特に、輪換畑と還元水田Ⅰでの高密度の分布が注目されたが、実際栽培でも、水田の畑輪換初年目および2年目当初にカヤツリグサが高い発生密度を示すことが観察されている⁹⁾。したがって、輪換畑では乾生雑草が侵入して増殖する以前の一次的な害草としてカヤツリグサに注目する必要がある。また、夏季湛水条件にある還元水田と連作水田では湿生雑草のなかで、最も水生雑草に近い土壤水分適応性を持つアゼナが一定の構成比を占めるが、一方では乾生雑草に近い適応性を持つタネツケバナ、イヌガラシの分布も多い。タネツケバナ、イヌガラシは、他の草種の発生期による分類型²⁾が夏生であるのに対して、冬生に属するから、連作水田、還元水田の畑状態の裏作期間中に発生し、結実、落下したものと考えられる。

乾生雑草の土壤中生存種子の分布は輪換畑で多く、湿生雑草に次ぐ構成比を占めた。メヒシバとオヒシバは、連作水田では分布が全く認められなかったところから、2年間の畑輪換期間中に圃場外から侵入し、発生、増殖したものである。耕地雑草種子の伝播経路は、圃場内に発生した雑草からの種子落下がほとんどを占め、圃場外からの侵入はそれに比べて非常に少ない⁴⁾から、そこでの雑草植生は、圃場内落下種子に大きく影響される。しかし、水田状態と畑状態を輪換する水田利用の場合には、土壤水分条件が急激に変化するため、輪換前の圃場内落下種子の多くは、輪換後では発芽・発生が困難になる。したがって、輪換後の雑草植生は、その土壤水分条件に適応する侵入種子に大きく影響される¹³⁾。圃場外からの雑草種子の伝播経路は、特殊なものを除くと、堆肥、用水路、隣接圃場および畦畔などが考えられる。雑草種子は、発熱堆肥中では比較的短期間に寿命を失

